

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Есенжолұлы Есімхан

«Ультрадыбыстық сенсорларға негізделген роботты платформаны автоматты басқару жүйесін
зерттеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07111 – Робототехника және мехатроника

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы



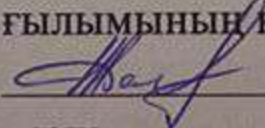
ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Ультрадыбыстық сенсорларға негізделген роботты платформаны автоматты басқару жүйесін зерттеу»

6B07111 – Робототехника және мехатроника

Орындаған

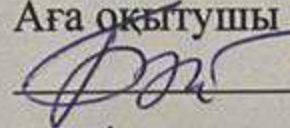
Қауымдастырылған профессор
міндетін атқарушы. Техника
ғылымының кандидаты

 Жаменкеев Е.К.

қолы аты-жөні
«30» мамыр 2023 ж.

Есенжолұлы Е

Ғылыми жетекшісі
Техника ғылымының магистрі
Аға оқытушы

 Бигалиева Ж.С.

«31» мамыр 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

6B07111 – Робототехника және мехатроника



**Дипломдық жұмыс орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Есенжолұлы Есімхан

Тақырыбы: Ультрадыбыстық сенсорларға негізделген роботты платформаны автоматты басқару жүйесін зерттеу

Умч университет ректорлығы 2022 ж. «13» қараша № 408 1/0 бұйрығымен бекітілген
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «31» мамыр 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: Arduino UNO, КОМПАС-3D

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) роботты платформа
- б) роботтық платформа параметрлерімен автоматты реттеу жүйесін әзірлеу
- в) техникалық құралдарды таңдау және сипаттамасын жасау
- г) роботтық платформаның имитациялық моделін жасау
- д) роботтық платформа үшін автоматты режим бағдарламалық жасақтамасын әзірлеу

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайтарда 13 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 12 атаулардан

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

| Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі | Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері | Ескертпелер |
|--|-----------------------------------|-------------|
| Теориялық бөлім | 16.01-12.02.2023 ж | Орындалды |
| Бағдарламалық бөлім | 12.02-20.03.2023 ж. | Орындалды |
| Зерттеу бөлімі | 20.03-17.04.2023 ж. | Орындалды |
| Қорытынды бөлім | 17.04-15.05.2023 ж. | Орындалды |

Аяқталған дипломдық жұмыс (жоба) үшін, оған қытысты бөлімдердің жұмыстарын (жобасын) көрсетумен, кеңесшілері мен қалып бақылаушының қолдары

| Бөлімдердің атауы | Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы) | Қол қойылған күні | Қол |
|-------------------|---|-------------------|-----|
| Қалып бақылаушы | Игембай Е.А, техника ғылымдарының магистрі, оқытушы | 31.05.23 | |
| Негізгі бөлім | Бигалиева Ж.С, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы | 31.05.23 | |
| Есептеу бөлім | Бигалиева Ж.С, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы | 31.05.23 | |

Ғылыми жетекшісі

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

Күні

Бигалиева Ж.С

Есенжолұлы Е.

« 31 » Мамыр 2023 ж.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена исследованию роботизированной системы автоматического управления платформой с использованием ультразвуковых датчиков. Основная цель работы заключается в разработке и тестировании эффективной системы автоматического управления, способной обнаруживать препятствия и предотвращать столкновения на основе данных, полученных от ультразвуковых датчиков.

В работе проводится обзор существующих решений в области роботизированных систем, и автоматического управления платформой. Анализируются различные методы и подходы к обработке данных ультразвуковых датчиков, а также их применение в системах избежания столкновений, и навигации. Результаты обзора позволяют выявить преимущества, и недостатки существующих решений и определить направления дальнейших исследований.

В результате работы достигается значительное улучшение производительности и точности системы автоматического управления платформой на основе ультразвуковых датчиков. Предложенный прототип демонстрирует возможность эффективного избежания препятствий и надежной навигации в сложных условиях. Полученные результаты могут быть использованы в различных сферах, включая автономные транспортные системы, робототехнику и промышленность.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс ультрадыбыстық датчиктерді қолдана отырып, автоматты басқару платформасының роботтық жүйесін зерттеуге арналған. Жұмыстың негізгі мақсаты ультрадыбыстық датчиктерден алынған мәліметтер негізінде кедергілерді анықтауға және соқтығысуды болдырмауға қабілетті тиімді автоматты басқару жүйесін әзірлеу және сынау болып табылады.

Жұмыста роботтық жүйелер мен платформаны автоматты басқару саласындағы қолданыстағы шешімдерге шолу жасалады. Ультрадыбыстық датчиктердің деректерін өңдеудің әртүрлі әдістері мен тәсілдері, сондай-ақ оларды соқтығысуды болдырмау және навигация жүйелерінде қолдану талданады. Шолу нәтижелері қолданыстағы шешімдердің артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтауға және одан әрі зерттеу бағыттарын анықтауға мүмкіндік береді.

Жұмыс нәтижесінде ультрадыбыстық сенсорларға негізделген платформаны автоматты басқару жүйесінің өнімділігі мен дәлдігін айтарлықтай жақсартуға қол жеткізілді. Ұсынылған прототип қиын жағдайларда кедергілерден қашық болу және сенімді навигация мүмкіндігін көрсетеді. Алынған нәтижелер әртүрлі салаларда, соның ішінде автономды көлік жүйелерінде, робототехникада және өнеркәсіпте қолданылуы мүмкін.

ABSTRACT

The thesis is devoted to the study of a robotic system for automatic control of the platform using ultrasonic sensors. The main objective of the work is to develop and test an effective automatic control system capable of detecting obstacles and preventing collisions based on data received from ultrasonic sensors.

The paper provides an overview of existing solutions in the field of robotic systems and automatic platform control. Various methods and techniques for processing data from ultrasonic sensors, as well as their use in collision avoidance and navigation systems, are analyzed. The results of the review allow us to identify the advantages and disadvantages of existing solutions and determine the directions of further research.

As a result of the work, a significant improvement in the performance and accuracy of the automatic platform control system based on ultrasonic sensors is achieved. The proposed prototype demonstrates the possibility of effective obstacle avoidance and reliable navigation in difficult conditions. The results obtained can be used in various fields, including autonomous transport systems, robotics and industry.

МАЗМҰНЫ

| | |
|---|----|
| Кіріспе | 9 |
| Әдеби дереккөздерді талдау | 10 |
| 1.1 Роботты платформа | 10 |
| 1.2 Жылжымалы көліктің кеңістіктегі орнын бақылау әдістері мен технологияларына шолу. | 11 |
| 1.3 Технологиялық басқару объектісінің сипаттамасы. | 12 |
| 2 Роботтық платформа параметрлерімен автоматты реттеу жүйесін әзірлеу. | 13 |
| 2.1 Мобильді робот параметрлерімен АРЖ құрылымдық схемасын әзірлеу. | 13 |
| 2.2 Техникалық құралдарды таңдау және сипаттамасын жасау. | 15 |
| 2.2.1 Микропроцессорлық құрылғыны таңдау. | 15 |
| 2.2.2 Ультрадыбыстық датчикты таңдау. | 16 |
| 2.2.3 Атқарушы механизмді таңдау. | 17 |
| 2.2.4 Іске қосу құрылғыларын таңдау. | 17 |
| 2.2.5 Аккумулятор таңдау | 18 |
| 2.3 Автоматты реттеу жүйесінің электр схемасын зерттеу. | 19 |
| 2.4 Автоматты реттеу жүйесін монтаждау схемасын зерттеу. | 20 |
| 2.5 Автоматты реттеу жүйесінің техникалық құралдарын орналастыру сызбасын зерттеу. | 20 |
| 3 Роботтық платформаның имитациялық моделін жасау. | 21 |
| 3.1 Робототехникалық құрылғы қозғалысының математикалық сипаттамасы. | 21 |
| 3.2 Басқару объектісін сәйкестендіру. | 22 |
| 3.3 MATLAB бағдарламалық жасақтамасында модельдеу және реттеу Заңын таңдау. | 24 |
| 3.4 Қозғалысты басқару алгоритмі. | 27 |
| 3.5 Қолданылатын бағдарламалық жасақтаманың сипаттамасы | 28 |
| 3.6 Ультрадыбыстық датчиктерге арналған бағдарламалық жасақтама зерттеу. | 28 |
| 3.7 Роботтық платформа үшін қолмен жұмыс істейтін бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу. | 29 |
| 3.8 роботтық платформа үшін автоматты режим бағдарламалық жасақтамасын әзірлеу. | 29 |
| Қорытынды | 30 |
| Пайдаланылған әдебиеттер тізімі | 11 |

КІРІСПЕ

Жылу жабдықтары әртүрлі типтегі өндірістерде маңызды рөл атқарады. Бұл жабдық пен оның элементтері үздіксіз, ұзақ және сенімді жұмыс істеуі үшін оның жағдайына уақтылы талдау жүргізу қажет. Кез-келген кәсіпорында осы процедураларға жауапты маман бар, бірақ бұл тапсырмаларды қауіпсіздік пен тиімділікпен мамандандырылған робот орындай алады, ол жабдықтың ағымдағы күйіне толық баға беріп қана қоймай, сонымен қатар осы жабдықтың орналасқан жеріне жете алады, бұл әсіресе қол жетімділік немесе қашықтық жағдайында өте маңызды.

Автоматты немесе офлайн режимде жұмыс істейтін мобильді робот үй ішінде – жұмысшылар мен басқа заттардың ортасында жұмыс істеуі керек. Роботты басқару жүйесі осы өзгерістерге үнемі бейімделіп, оларға уақытында жауап беріп, жағдайды бағалап, қозғалыс режимін қайта құруы керек.

Бұл жұмыста қашықтық өлшегіштері бар жүйе қолданылады, өйткені оның құны өте төмен және оны жүзеге асыру қарапайым. Робот корпусында ультрадыбыстық датчиктер бар, олар роботтың қозғалысын басқару жүйесінің негізгі деректер көзі болып табылады.

Бұл жұмыстың мақсаттары мен міндеттерін келесідей анықтауға болады:

- роботты платформаның имитациялық моделін жасау;
- техникалық құжаттаманы әзірлеу;
- робототехникалық құрылғының параметрлерін реттеудің автоматты жүйесін әзірлеу;
- роботтық платформаны басқару алгоритмін әзірлеу;
- алынған нәтижелерді талдау.

1 Әдеби дереккөздерді талдау

1.1 Роботты платформа

Роботтандырылған платформа – бұл адам көрсеткен операцияларды, сондай-ақ оның тікелей қатысуынсыз басқа әрекеттердің жиынтығын орындайтын кеңістіктегі позицияны өз бетінше анықтайтын автоматтандырылған техникалық құрал.

Мобильді көлік құралы, атап айтқанда роботтандырылған платформа, қондырғының қауіпсіздігін қамтамасыз ету және төтенше жағдайлардың туындауын болдырмау үшін жылу жабдықтарын талдауға және диагностикалауға арналған.

Мобильді робот- бұл шассиде автоматты түрде басқарылатын жетектері бар автоматты құрылғы. Оны былай жіктеуге болады:

- жер үстілік;
- ұшпалы;

Өз кезегінде жердегі мобильді роботтарды қозғалыс әдісіне қарай жіктеуге болады:

- доңғалақты;
- жаяу жүргіншілер;
- шынжыр табанды (гусеничные);

Мұндай көлікті басқаруды үш жолмен жүзеге асыруға болады, мысалы:

- автоматты басқару;
 - операторды басқару құралдарын пайдалана отырып, қашықтан басқару;
- Жоғарыда аталған әдістердің екеуі де қолданылатын аралас басқару [1].

Көптеген елдерде мобильді робототехника саласындағы зерттеулер жүргізілуде. Робототехниканың табысты дамуы үшін информатика, басқару теориясы, қолданбалы математика және механика саласындағы ғалымдардың бірлескен күш-жігерін қажет ететін байыпты ғылыми база қажет.

Өздігінен жүретін робот платформасы (ӨЖРП) - бұл қазіргі қоршаған орта туралы жалпы түсінікті құра алатын компьютерлік көру жүйесімен және ақпараттық сенсорлар жиынтығымен жабдықталған автономды мобильді құрылғы. Роботтың сенсорларынан алынған кіріс деректері оған қоршаған кеңістікте өз бетінше шарлауға және тапсырманы шешу үшін қажетті әрекеттерді орындауға мүмкіндік береді. Осылайша, мобильді робот - бұл тәуелсіз автономды мінез-құлыққа қабілетті техникалық жүйе. Дегенмен, бұрын белгісіз болған шарттарда және жоғары жауапкершілікке байланысты тапсырмаларда роботты басқаруға оператордың қатысуы әлі де болжанады.

Мобильді роботтарды басқару мәселелерін шешуде маңызды рөл ақпараттық-сенсорлық жүйеге тиесілі, ол ағымдағы жағдайды дербес талдауға, өз әрекеттерін жоспарлауға және сонымен бірге оператормен кері байланысқа ие болуы керек. Робот кедергілерді өз бетінше анықтауы, басқа қозғалатын нысандар болуы мүмкін кеңістікте еркін қозғалуы керек. Оператормен байланыс үзілген жағдайда, қажет болған жағдайда, ӨЖРП сыртқы әлем туралы алынған ақпаратты пайдалана отырып, өз бетінше бастапқы орнына оралуы керек.

Осылайша, оператордың автономды мобильді роботты басқаруы жаңа сипатқа ие болады. Бұл енді қозғалысты тікелей басқару емес, міндеттерді қою болып табылады. Тапсырмаларды орындау шарттары әрқашан орындала бермейтіндіктен, басқару оператор мен роботтың интеллектуалды басқару жүйесі арасындағы диалог сияқты болады. ӨЖРП өз әрекеттерін жоспарлауға және шешімдер қабылдауға тең дәрежеде қатысады. Мұндай роботты жүйелер кооперативтік басқару жүйелері деп аталады [2].

1.2 Жылжымалы көліктің кеңістіктегі орнын бақылау әдістері мен технологияларына шолу.

Позицияны бақылау – объектінің кеңістіктегі абсолютті орнын анықтайтын аппараттық және бағдарламалық құралдардың жиынтығы. Бұл мәселені шешу үшін келесі әдістер бөлінеді:

- акустикалық;
- радиожилік;
- магниттік;
- оптикалық;
- инерциялық;
- гибриді.

Акустикалық әдіс ультрадыбыстық толқындарды акустикалық құрылғылармен өңдеуге негізделген қажетті объектіні әрі қарай бағдарлауға және оның орналасқан жерін табуға арналған. Бұған таратқыш шығаратын дыбыс толқынының қабылдағышқа жету уақытын өлшеу арқылы қол жеткізіледі. Синусоидалы дыбыстық толқынның фазалық айырмашылығын қабылдау-беру кезінде де қолдануға болады.

Радиожилік әдістері кеңістіктегі радио толқындарының таралу принципі бойынша жұмыс істейді. Бұл әдісі акустикалық әдіске мүмкіндігінше жақын, айырмашылық тек қолданылатын толқын түрінде болады.

Инерциялық әдіс гироскоп пен акселерометрдің болуын қамтиды. Олардың деректері бір бірін толықтырады және қысқа және ұзақ мерзімді өлшеулер үшін дәлдікті қамтамасыз етеді. Көбінесе бұл әдіс басқалармен бірге қолданылады.

Оптикалық әдістерге компьютерлік көру алгоритмдері мен бақылау құрылғыларының жиынтығы кіреді. Осы құрылғыларға

инфрақызыл және көрінетін диапазондағы камералар, тереңдік камералары және стерео камералар кіреді.

Гибриді әдіс-бұл деректердің дәлдігін жақсарту үшін қолданылатын кеңістіктегі позицияны бақылаудың екі немесе одан да көп әдістерінің жиынтығы.

1.3 Технологиялық басқару объектісінің сипаттамасы

Бұл жұмыс үшін технологиялық басқару объектісі ультрадыбыстық датчиктерге негізделген роботтық платформа болып табылады. Бұл құрылғы 4 көп бағытты Omni дөңгелектері бар швед дөңгелегі немесе, үш еркіндік дәрежесі бар илон дөңгелегі бар мобильді роботтар тобына жатады.

Omni дөңгелегінің жай дөңгелектен айырмашылығы-дөңгелек бағытынан басқа бағытта қозғалуға мүмкіндік беретін роликтердің болуы. Бұл дөңгелектердің жұмыс принципі келесідей: доңғалақтардың бағыты мен айналу жылдамдығын өзгерту арқылы сіз осы дөңгелектермен жабдықталған платформаны кез-келген бағытта, тек оңға-солға, алға-артқа ғана емес, диагональ бойынша да айналдыра аласыз. Мұндай дөңгелектердің басты артықшылығы - олардың құрылысы минималды үйкеліс күші мен төмен айналу моменті кезінде бір орнында айналуға мүмкіндік береді.



1.3 - сурет – омни дөңгелегі

Роботтық платформа үш еркіндік дәрежесіне ие, екі жазықтықта үдемелі қозғалып , өз осіне қатысты айнала алады. Реттелетін параметрлер кедергіге дейінгі қашықтық және омни дөңгелектеріне берілетін жылдамдық болады. Омни дөңгелектері бар мобильді робот корпусының бұрылыстарынсыз немесе ерікті бұрылыстарсыз жазықтықта (немесе әлсіз тегіс емес бетте) еркін бағытта жүре алады. Осылайша, сіз роботқа күрделі рульдік механизмдер мен жетектерді енгізе алмайсыз және омни дөңгелектерінің еркін бағытта қозғалу қабілетін пайдалану арқылы роботтың рульдік функциясын қамтамасыз ете аласыз. Бірнеше омни дөңгелектері бар құрылғы дөңгелектердің қажетті әр түрлі айналу жылдамдығын жүзеге асыруы керек. Егер бір-біріне қарама-қарсы орналасқан омни дөңгелектерінің жұбы қарама-қарсы бағытта, оң доңғалақ сағат тіліне қарсы, ал сол жақ сағат тілімен айналса, мобильді робот алға қарай жүреді. Екі жұп доңғалақ қарама-қарсы бағытта айналатын жағдайда, робот өз осінің айналасында қозғалысты жүзеге асырады.

2 Роботтық платформа параметрлерімен автоматты реттеу жүйесін әзірлеу

2.1 Мобильді робот параметрлерімен АРЖ құрылымдық схемасын әзірлеу

Автоматты реттеу жүйесіне келесі негізгі техникалық талаптар қойылады:

- роботтың ағымдағы жағдайы және оның бастапқы орнына қатысты координаттарының өзгеруі туралы ақпарат жиналуы керек;
- электр сигналдарын атқарушы механизмдерді басқару 12 В.
- робототехникалық құрылғының құрамдас бөліктері үшін қуат көздері аккумуляторлық батареялар болуы тиіс;
- орта деңгейде төменгі деңгейден алынған деректерді өңдеу керек және басқару сигналдарын қалыптастыру жүзеге асырылуы тиіс;
- жүйеде роботты кеңістікте бағдарлау үшін қызмет ететін ультрадыбыстық датчиктер қолданылуы керек.;
- реттеудің негізгі рұқсат етілген қателігінің шегі $\pm 10\%$;
- шағын өлшем (робот станция ішіндегі үй-жайларда және жету қиын жерлерде жүруі керек).

Робототехникалық құрылғы роботтың қозғалысына әкелетін барлық борттық аппаратура орналасқан платформадан тұрады. Қозғалыс роботтың төрт дөңгелегінің біріне бағытталған төрт қозғалтқыштың көмегімен жүзеге асырылады. Қозғалтқыштар батареямен жұмыс істейтін пускательдерден берілетін сигналдардан қосылады. Пускатель үшін негізгі сигнал микропроцессорлық Контроллерден берілетін сигнал болып табылады, ол ультрадыбыстық сенсордан түрлендірілген ақпарат негізінде алгоритмге сәйкес жетектерге әсер ететін командаларды шығарады. Төрт метр радиуста объектілерге дейінгі қашықтықты анықтауға арналған HC - SR04 диапазоны ультрадыбыстық сенсор ретінде әрекет ете алады. Микропроцессорлық контроллер мен бағдарламалық жасақтаманың көмегімен қашықтық өлшегіштерден сигналдар қашықтыққа айналады және берілген алгоритмнің көмегімен робот түзу сызықта қозғалу үшін кедергіні айналып өту жолдарын анықтайды. Технологиялық процесс туралы ақпаратқа жедел қол жеткізу интеграцияланған көп деңгейлі автоматты басқару жүйесін құру арқылы жүзеге асырылады. Бұл жобада сіз тек екі деңгеймен шектеле аласыз: төменгі және орта. Робототехникалық құрылғының параметрлерін реттеу мәселелерін шешу үшін келесі жабдықты қамтитын құрылым таңдалды:

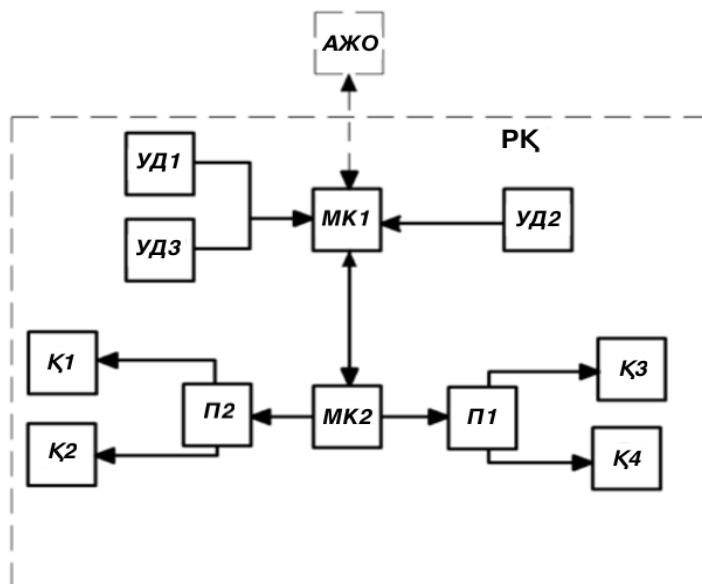
Төменгі деңгей:

1. ультрадыбыстық датчиктер;
2. атқарушы механизмдер;

Орташа деңгей:

1. пускательдер;
2. микропроцессорлық контроллер;

Талаптарға сәйкес, ұсынылған қажетті жабдықтың сипаттамасы мен автоматты реттеу жүйесінің параметрлері арқылы робототехникалық құрылғының құрылымдық схемасын құраймыз. Автоматтандыру объектісінің құрылымдық схемасы 2.1-сурет ұсынылған.



2.1 – сурет – Робототехникалық құрылғының құрылымдық схемасы

Кесте 2.2 – шартты белгілері

| Шартты белгі | Атауы |
|--------------|--------------------------------------|
| Қ1 | Бірінші қозғалтқыш |
| Қ2 | Екінші қозғалтқыш |
| Қ3 | Үшінші қозғалтқыш |
| Қ4 | Төртінші қозғалтқыш |
| П1 | Бірінші пускатель |
| П2 | Екінші пускатель |
| УД1 | Бірінші ультрадыбыстық датчик |
| УД2 | Екінші ультрадыбыстық датчик |
| УД3 | Үшінші ультрадыбыстық датчик |
| МК1 | Бірінші микропроцессорлық контроллер |
| МК2 | Екінші микропроцессорлық контроллер |
| АЖО | Автоматтандырылған жұмыс орны |
| РҚ | Робототехникалық құрылғы |

Робототехникалық құрылғының автоматты реттеу жүйесі жұмысының сипаттамасы:

1. УД1, УД2, УД3 сигналдары МК1-ге түседі, онда олар алгоритмге сәйкес өңделеді және сақталады, өйткені робототехникалық құрылғы автономды және автоматты режимде жұмыс істей алады, содан кейін соңғы жағдайда МК1 сигналы АЖО-ға түседі;

2. АЖО дербес компьютері бар жұмыс орнын қамтиды, ол арқылы компьютер мен МК1 арасын Wi-Fi байланысы бойынша робототехникалық құрылғыны басқаруды жүзеге асыруға болады.

3. Сигнал МК1-ге түрлендіріледі, онда реттеу заңдарының біріне сәйкес атқарушы механизмдерді басқару бұйрығы жасалады және МК2-ге байланыс арналары арқылы беріледі;

4. Батареядан қуат алатын П1 және П2 пускателдері МК2 командасы бойынша қозғалтқыштарды қосады немесе өшіреді;

5. Қозғалтқыштар Робототехникалық құрылғыны қозғалтады.

6. 1-4-тармақтар робот тығырыққа тірелгенше және тоқтағанға дейін немесе АЖО-дан РУ-ны тоқтату үшін команда берілгенге дейін қайталанады.

2.2 Техникалық құралдарды таңдау және сипаттамасын жасау

2.2.1 Микропроцессорлық құрылғыны таңдау

Микропроцессорлық контроллерді таңдау үшін келесі критерийлерді ескеру қажет:

- үлкен есептеу қуаты;
- мамандандырылған бағдарламалық қамтамасыз етуді қолдау;
- контроллердің шағын өлшемдері, тікелей RU-ға орнату үшін;
- 0-5 В басқару сигналдарын қалыптастыру;
- қосымша модульдерді орнатпай ақ дискретті кірістер/шығыстардың жеткілікті саны.

Бұл курстық жоба үшін практикалық инженерлік мәселелерді шешуге мугіо контроллерін таңдаймыз.

Бұл инженерлік студенттерге автоматтандыру, робототехника, деректерді тіркеу және ендірілген жүйелер үшін нақты жүйелерді жылдам әзірлеуге мүмкіндік беретін платформаға арналған аппараттық және бағдарламалық құрал.

myRIO Екі ядролы ARM Cortex-A9 процессоры мен FPGA-ны 28000 бағдарламаланатын логикалық ұяшықтармен біріктіретін Xilinx-тің Zynq (soc кристалды жүйесі) технологиясына негізделген. Ni LabVIEW графикалық бағдарламалау ортасының мүмкіндіктерін пайдалана отырып, FPGA бағдарламалау және прототиптерді жылдам және сапалы жүзеге асыруға және күрделі инженерлік жобаларды орындауға мүмкіндік беретін нақты уақыттағы жүйелерді әзірлеу мүмкіндігі бар.

Біз ni мугіо контроллерін кіріс және шығыс дискретті сигналдардың жеткілікті мөлшеріне, сенсорлармен қарапайым байланысқа және контроллерді қайта бағдарламалау үшін тиісті бағдарламалық жасақтаманың болуына, сондай-ақ жоғары жылдамдыққа, Wi-Fi қосылымына байланысты таңдаймыз.

NI MyRIO құрамында SPI, PWN шығысы, кіріс импульстік сенсоры, UART қолдауымен барлығы 40 сандық енгізу/шығару желісі бар; I2C интерфейсінің болуы: 8 бір жақты аналогтық кіріс; 2 дифференциалды аналогтық кіріс; 4 бір

жақты аналогтық Шығыс; пайдаланушы реттейтін USB интерфейсінің болуы; 4 пайдаланушы реттейтін диод; 2 сансыз сенсорларды, құрылғыларды және бағдарламаланатын жүйелік контроллерлерді қосуға мүмкіндік беретін жалпы аналогтық шығыстар бар.

Кесте 2.3 – Қысқаша сипаттамалар

| | |
|--------------------------|--|
| Контроллер | NI myRIO |
| Ток мөлшері | 6-16 В |
| Аналогтық кіріс | 10 |
| Аналогтық шығыс | 6 |
| Бағдарлама | LabVIEW |
| Жиілігі | 667 МГц |
| Сандық кірістер/шығыстар | 40 (оның ішінде 8 PWM сандық желілері) |

2.2.2 Ультрадыбыстық датчикты таңдау

Ультрадыбыстық сенсорды таңдағанда келесі критерийлерді ұстану керек:

- кедергіні анықтау қашықтығы кемінде 4 м;
- жабдықтың салмағы аз;
- жалпы интерфейстердің бірін пайдаланып МК1 - ге қосылу;
- сенсордың контроллермен толық әрекеттесуі.

Бұл жұмыста ультрадыбыстық сенсор ретінде таңдалған. HC-SR04 қашықтық өлшегіші. Инфрақызыл қашықтық өлшегіштерінен айырмашылығы, HC-SR04 ультрадыбыстық сенсорына жарық көздері немесе кедергі түсі әсер етпейді (электромагниттік сәулелену). Кемшіліктердің ішінде бұлыңғыр немесе жұқа заттарға дейінгі қашықтықты анықтауда қиындықтар туындауы мүмкін екенін атап өтуге болады. Қашықтық датчигі байланыссыз құрылғы болып табылады және жоғары дәлдіктегі өлшеу мен тұрақтылықты қамтамасыз етеді. Оны өлшеу диапазоны 2-ден 400 см-ге дейін. Оның жұмысына электромагниттік сәулелену мен күн энергиясы айтарлықтай әсер етпейді. Нақты жағдайда ауа температурасының факторына байланысты HC-SR04 1-ден 3-5 см-ге дейін кателесуі мүмкін. Модульде 2,54 мм стандартты 4 түйреуіш бар.

2.4 - кесте – ультрадыбыстық сенсордың негізгі сипаттамалары

| | |
|---------------------------|----------|
| Қуат кернеуі | 5В |
| Үнсіздік режимінде тұтыну | 2 мА |
| Жұмыс кезінде тұтыну | 15 мА |
| Қашықтық диапазоны | 2–400 см |
| Тиімді бақылау бұрышы | 15° |
| Бақылау жұмыс бұрышы | 30° |

2.2.3 Атқарушы механизмді таңдау

Атқарушы механизмдерді таңдау кезінде келесі критерийлер ескерілді:

- механизмдердің қоректену кернеуі 12 В;
- қозғалтқыштардың шағын өлшемдері;
- жабдықталған редуктордың болуы;
- салыстырмалы түрде төмен құны.

Роботтың теориялық массасына және қажетті жылдамдыққа сүйене отырып біз айналу моменті кемінде 5 кг*см және қуат кернеуі 12 В болатын редуктор қозғалтқышын таңдаймыз, өйткені электр энергиясы батареялардан беріледі.

Біз Studio DC gear motor 12 вольт сериялы редуктор қозғалтқышын таңдаймыз, себебі жетектің құны төмен және барлық қажетті техникалық талаптарға сай. Ол реверсивті коллекторлық тұрақты ток қозғалтқышынан және планетарлық редуктордан тұрады. DC Gear motor 12 Volt with encoder редукторында қозғалтқышты дәл басқаруға арналған Кіріктірілген жоғары ажыратымдылықтағы Холл датчигі бар және датчик кабелімен бірге келеді. Қозғалтқыштың негізгі сипаттамалары 2.5 кестеде келтірілген.

2.5 - кесте – DC Gear motor 12 Volt with Encoder редукторының негізгі сипаттамалары.

| | |
|---------------------------------|-------|
| Қуат кернеуі, В | 12 |
| Бос жүріс жылдамдығы, айн / мин | 100 |
| Ұзындығы, мм | 134.1 |
| Беру коэффициенттері | 60:1 |
| Айналу моменті, г * м | 504 |
| Салмағы, кг | 0,33 |

2.2.4 Іске қосу құрылғыларын таңдау

Іске қосу құрылғыларын таңдау критерийлері:

- салыстырмалы түрде төмен құны;
- ендік импульс модуляциясының сигналдарын қабылдау мүмкіндігі;
- таңдалған атқарушы механизмдермен үйлесімділік;
- бірден екі атқарушы механизмдерді басқару мүмкіндігі;

Тұрақты ток қозғалтқышына және микропроцессорлық контроллерге сәйкес MP-MD2 Motor Driver Adapter for NI myRIO модулін таңдаймыз. Бұл модульді пайдалану робототехника және автоматика саласында кең таралған және барлық техникалық талаптарды қанағаттандырады. MXP – MD2 Motor Driver Adapter for NI myRIO-бұл екі жетекті басқаруға мүмкіндік беретін қозғалтқыш драйвері. Бұл драйвер қозғалтқыш пен микропроцессорлық құрылғы арасындағы аралық болып табылады. Негізгі функция-МК-ны қозғалтқыш

жағынан шамадан тыс жүктемелерден қорғау, сонымен қатар ол МК алгоритмдеріне сәйкес жетекке кернеу беру функциясын орындайды.

MP-MD2 Motor Driver Adapter For NI myRIO Модулінің негізгі сипаттамалары 2.6 кестеде келтірілген.

2.6 - кесте – NI myRIO үшін MXP-MD2 Motor Driver Adapter модулінің негізгі сипаттамалары.

| | |
|--|------------|
| Арналар саны | 2 |
| Максималды Шығыс тогы (1 арнаға) | 30 А дейін |
| Арнаға үздіксіз шығу | 12 А |
| Кірістірілген кернеу реттегіші | 5 В |
| Арнаға бір ендік импульс модуляциясының кірісі | 20 кГц |

2.2.5 Аккумулятор таңдау

Аккумуляторды келесі критерийлер бойынша тандаймыз:

- төмен құны;
- үлкен сыйымдылығы;
- берілетін кернеу 12 В;
- орташа көлемі.

Аккумуляторға қойылатын негізгі талап-шығыс кернеуі 12 В. Қайта зарядталатын 10 элементті 12 вольтты NiMH аккумулятор жинағы (никель-металл гидридi), қозғалтқыштар мен электрониканың ұзақ мерзімді қуатын қамтамасыз етеді. Бұл 3000 мАч батарея қауіпсіздік үшін кірістірілген 20А ауыстырылатын сақтандырғышпен жабдықталған. Аккумулятор ұяшықтары қалыпты температурада сақталса, бір ай бойы толық зарядты сақтай алады. Контроллерге оңай және қауіпсіз қосылуға арналған pp45 қосқышы бар. Негізгі сипаттамалар 2.7 кестеде келтірілген.

2.7 - кесте – TETRIX MAX 12-Volt Rechargeable 3,000 mAh NiMH Аккумуляторының негізгі сипаттамалары

| | |
|--------------------------|---------------|
| Кернеу, В | 12 |
| Сыйымдылығы, мАч | 3000 |
| Максималды заряд тогы, А | 30 |
| Өлшемдері, мм | 115 x 45 x 50 |
| Салмағы, г | 579 |

2.3 Автоматты реттеу жүйесінің электр схемасын зерттеу

Принципті электр схемаларының көмегімен аспаптардың, аппараттардың, құрылғылардың және олардың арасындағы байланыстардың толық құрамы анықталады, олардың бірлескен әрекеті реттеу, басқару, өлшеу, қорғау және сигнал беру міндеттерін шешуді қамтамасыз етеді. Схеманы орындау кезінде біз техникалық құралдар элементтерінің кеңейтілген суреттерін қолданамыз. Бұл сызбаны оқуды жеңілдету үшін графикалық және мәтіндік материалдың орналасуы таңдалады. Электр схемасы шартты графикалық кескіндерді қолдана отырып жасалады.

Байланыс сызықтары тек көлденең және тік сегменттерден тұрады және өзара қиылыстардың минималды санына ие. Іргелес параллель сызықтар арасындағы қашықтық кемінде 5 мм.

NI myRIO контроллерінің қуатын бірнеше жолмен жасауға болады: сыртқы қуат көзінен (кернеу түрлендіргіші бар желі) және дербес компьютерге қосылған USB немесе COM интерфейстері арқылы. Бұл жобада аккумулятордан қуат алу әдісі таңдалды. 19-24 клеммалар макет тақтасы арқылы сәйкесінше бірінші аккумулятордың 19-20 клеммаларына қосылады, қалған жабдықты 44-45 клеммалары арқылы екінші аккумулятор арқылы қуаттайды. HC SR04 ультрадыбыстық датчигі ni myrio контроллерінен +5 В және GND (жер) терминал қосылымдарынан 12 В кернеуді алады. HC SR04 ультрадыбыстық сенсорының Trig және Echo арналары арқылы датчиктерден мк1-ге сигналдар тізбегі беріледі, онда талдау, сигналдарды ыңғайлы түрге түрлендіру және қоршаған ортаға сәйкес Басқару әсерлерін қалыптастыру жүреді. Өңделген деректер екінші ni myrio контроллеріне "мама-мама"қосқыш сымдары арқылы келеді. Екінші ni myrio контроллері батареядан кернеуді алады, бұл бірінші контроллер сияқты. MXP-MD2 Motor Driver Adapter For NI myRIO модульдері контроллердің дискретті сигналдарының шығыс клеммаларына (DIO0-DIO12) қосылған. Сигналдар әр модульдің 1, 2, 3, 4, 5, 6 клеммаларына түседі. Бұл жұмыста қозғалтқыштарға берілетін жалпы қуатты басқару үшін ендік импульс модуляциясының сигналдары қолданылады. Әр модульдің 5, 6 клеммалары тұрақты ток қозғалтқыштарын басқаруға арналған ендік импульс сигналдарын қолдана отырып, берілген курстық жұмыс үшін бұл мән әр қозғалтқыш үшін бірдей. MXP-MD2 Motor Driver Adapter For NI myRIO модульдеріндегі GND (жер) клеммаларын қосу және жетектерде 12 кернеу беру арқылы (9, 10 клеммалар), MXP-MD2 Motor Driver Adapter For NI myrio модульдері екінші аккумулятордан қуат алады. M1 және M2 қозғалтқыштары басқару кернеуін беру үшін сәйкесінше 7, 8 және 12, 13 клеммаларына қосылған. M3 және M4 қозғалтқыштары екінші модульге ұқсас жалғанған.

2.4 Автоматты реттеу жүйесін монтаждау схемасын зерттеу

Барлық аппараттық құралдар екі бөлімнен тұратын бір жылжымалы платформаға орнатылады. Бірінші кезекте платформаның ортасындағы жоғарғы секцияда ПВ-1x1 маркалы "мама-мама" сымдарымен өзара қосылған екі ni myrio контроллері орнатылады. Екінші контроллерге MXP-MD2 Motor Driver Adapter For NI MYRIO стартері бірінші модуль үшін MXP A порты арқылы және екіншісі үшін MXP B порты арқылы қосылған. Пускателдер NI myrio контроллерінің А және В қосқышына тікелей орнатылатын MXP myRIO портына арналған кеңейту тақтасы пішімінде жасалған. Сондай-ақ, платформаның артқы жағында ультрадыбыстық датчиктерге, стартерлерге, қозғалтқыштарға және контроллерлерге PV-1x1 маркалы сымдар арқылы қуат беретін екі аккумулятор бар.

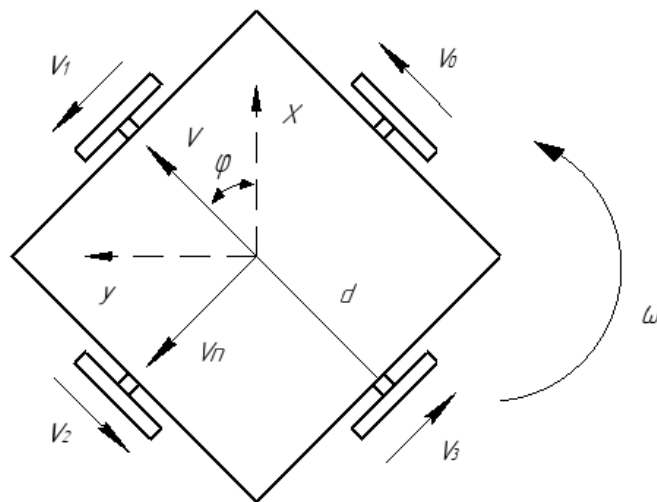
2.5 Автоматты реттеу жүйесінің техникалық құралдарын орналастыру сызбасын зерттеу

Барлық техникалық бекіту екі секциядан тұратын бір рамалық базаға жүргізіледі. Төменгі бөліктің астына гайкалы болттарды қолдана отырып, коннекторлар мен қысқыштардың көмегімен төрт редуктор бекітіледі. Бөлімнің жоғарғы жағында ортасында желіммен бекітілген myrio микропроцессорлық контроллері орналасқан. Жоғарғы бөліктің бүйіріне MXP порттары арқылы екінші контроллерге тікелей қосылған екі MXP-MD2 Motor Driver Adapter For NI myRIO орнатылады. Төменгі бөліктің артқы жағында желіммен бекітілген екі аккумулятор бар. Жоғарғы бөліктің бүйірлерінде алдыңғы бөлігінде электр таспасының көмегімен HC SR04 ультрадыбыстық датчиктері орнатылады және робототехникалық құрылғының тікелей қозғалысына бағытталады.

3 Роботтық платформаның имитациялық моделін жасау

3.1 Робототехникалық құрылғы қозғалысының математикалық сипаттамасы

Бұл жұмыс жердегі роботты қарастырады, яғни ол бастапқы координаттарын өзгерте отырып, жазықтық бойымен қозғала алады. Робот өзінің координаттарын абсцисса және ордината осьтері бойынша өзгерте алады, сонымен қатар өз осіне қатысты айнала алады.



3.1 - сурет – Мобильді роботтың қозғалыс сызбасы

- φ - роботтың тік сызықты қозғалыс жолына қатысты бұрылу бұрышы;
- V, V_n - роботтың сызықтық жылдамдығы;
- V_0, V_1, V_2, V_3 - доңғалақтардың сызықтық жылдамдығы;
- ω - бұрыштық айналу жылдамдығы.

V_0, V_1, V_2, V_3 дөңгелектерінің жылдамдығы мен роботтың V, V_n, ω жылдамдықтарының арақатынасы келесідей болады:

$$\begin{bmatrix} V_0(t) \\ V_1(t) \\ V_2(t) \\ V_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & d \\ -1 & 0 & d \\ 0 & 0 & d \\ 1 & 0 & d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V(t) \\ V_n(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix}$$

Осы қатынастан біз роботтық платформаның жылдамдығын анықтайтын теңдеулерді табамыз:

$$V(t) = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (V_3(t) - V_1(t))$$

$$V(t) = (1/2) \cdot (V_0(t) - V_2)$$

$$\omega(t) = (V_0(t) + V_1(t) + V_2(t) + V_3(t))/(4 \cdot d)$$

Роботты құрылғыда екі жұп Omni дөңгелегі бар, алға-артқа, бүйірге және кері қозғалыстар үшін (3.1-сурет).

Есептеулер негізінде робот үшін алынған төрт-Omni мобильді робот біз жүйені аламыз роботтық платформаны басқаруға арналған теңдеулер:

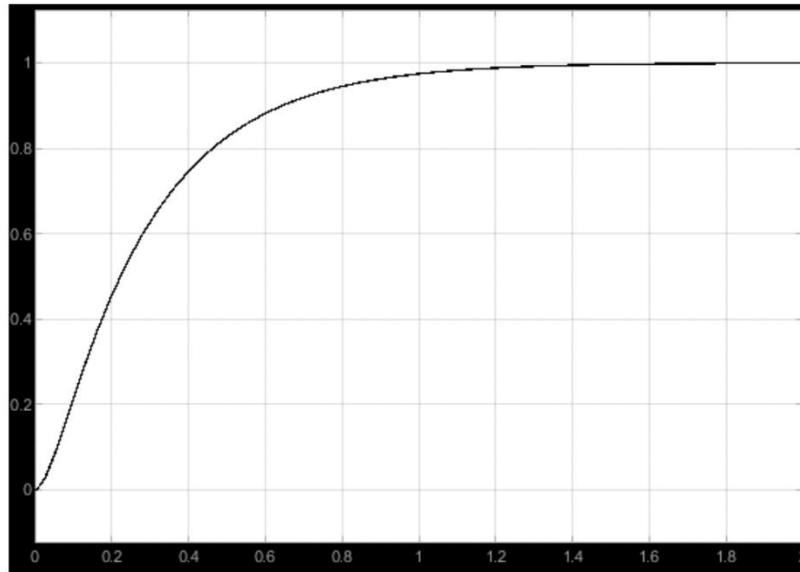
$$\begin{cases} V_0 = \frac{2V - 2d\omega}{2} \\ V_2 = \frac{2V + 2d\omega}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_1 = \frac{2V_n - 2d\omega}{2} \\ V_3 = \frac{2V_n - 2d\omega}{2} \end{cases}$$

Теңдеулер жүйесі алға, артқа бүйірге және кері қозғалыстың сызықтық жылдамдығын сипаттайды, яғни Omni дөңгелектерінің әрқайсысының математикалық мәні.

3.2 Басқару объектісін сәйкестендіру

Басқару объектісін сәйкестендіру операция болып табылады, нәтижесінде объект параметрлерінің өзгеруінің математикалық сипаттамасы алынады. Нақты тәжірибеде белсенді сәйкестендіру қолданылады. Белсенді сәйкестендіру кезінде жүйенің кірісіне берілген сигнал беріледі және шығыс сигналын өлшеу арқылы жүйенің кіріс әсеріне реакциясы бақыланады. Модельдеу MATLAB математикалық пакеті арқылы жүзеге асырылады. Үдеу қисығы 3.2.1-суретте көрсетілген



3.2.1 - сурет – Басқару объектісінің үдеу қисығы

Қисық үшін беріліс функциясы екінші ретті буынды аперидоты болып табылады:

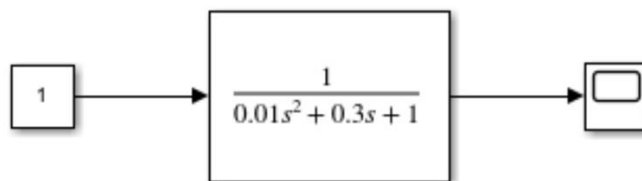
$$W_{об} б(P) = \frac{k}{T_1^2 P^2 + T_2 P + 1}$$

k – беру коэффициенті;

P – Лаплас операторы;

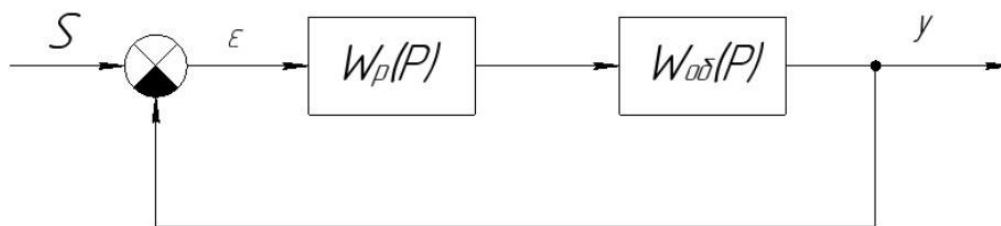
T_1 және T_2 – тұрақты уақыт.

MatLab бағдарламалық жасақтамасында тасымалдау функциясы келесідей:



3.2.3 - Сурет – Беріліс функциясы

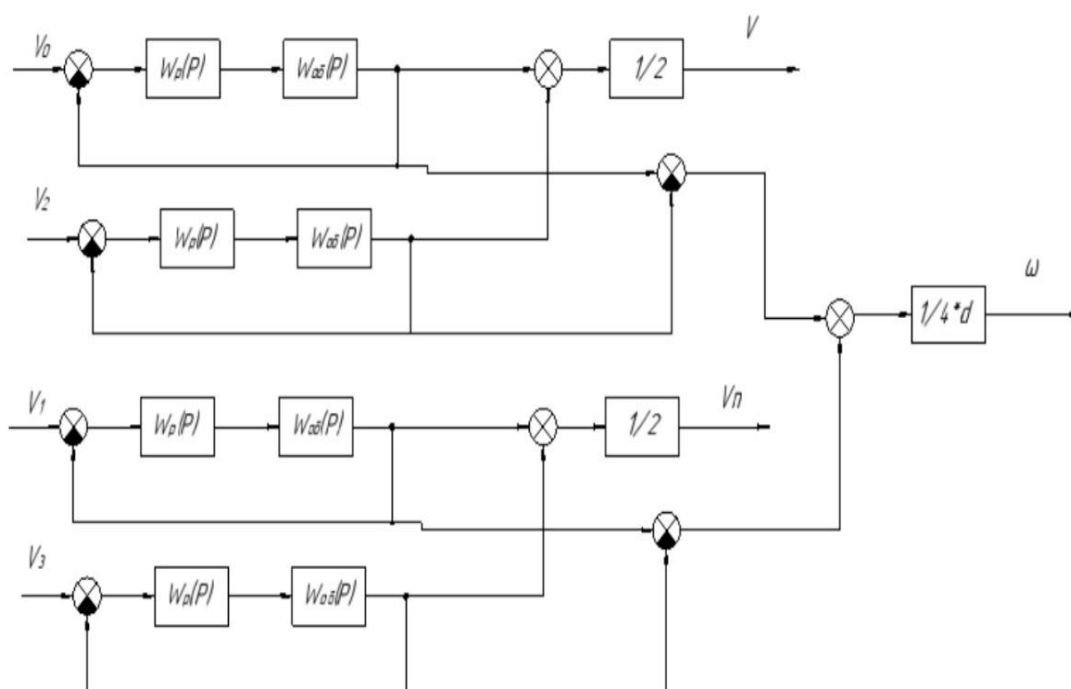
Бұл мынаны білдіреді $k = 1, T_1 = 0.1$ и $T_2 = 0.3$. Реттеу жүйесінің құрылымдық схемасы келесідей:



3.2.4 - сурет – Реттеу жүйесінің құрылымдық схемасы

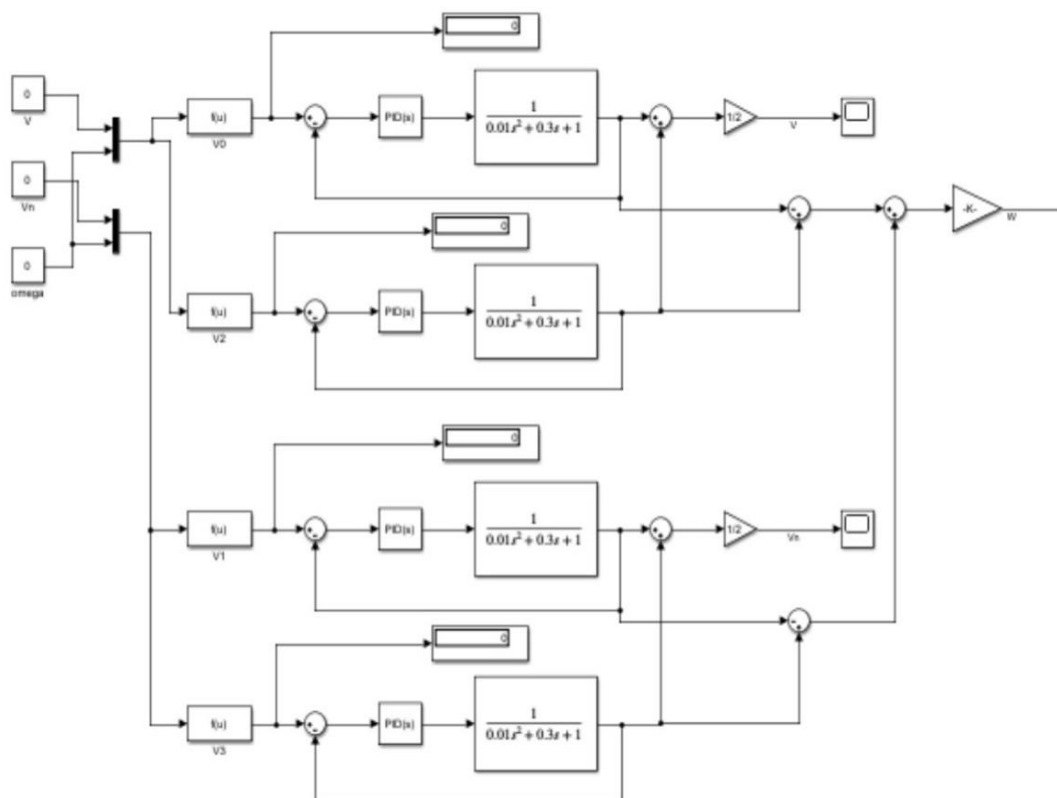
3.3 MATLAB бағдарламалық жасақтамасында модельдеу және реттеу заңын таңдау

Тиісті реттеу заңы бар қажетті реттеушіні таңдау үшін MATLAB бағдарламалық пакетінде модель жасау қажет. Нысан моделінде төрт басқару арнасы болғандықтан, басқару жүйесі келесідей:



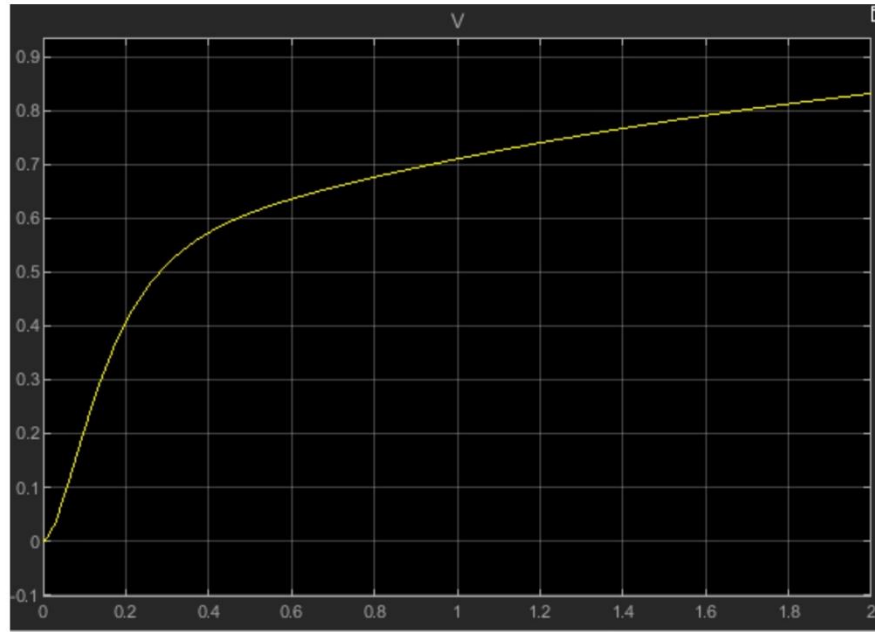
3.3 - сурет – Роботты басқару жүйесінің құрылымдық схемасы

Осы құрылымдық диаграммада (3.2) – (3.4) теңдеулерінен алынған сызықтық және бұрыштық жылдамдықтар берілген. Сондай-ақ, 3.3.1-суреттен бүкіл жүйені басқару үшін 4 реттегіш қажет. Біз реттеу объектілерінің беріліс функциялары бірдей робот үшін модель жасаймыз. 3.3.2-суретте MATLAB бағдарламалық пакетінде енгізілген модельдің көрінісі көрсетілген.



3.3.1 - сурет – MatLab бағдарламалық пакетінде салынған модельдің сыртқы түрі.

Жоғарыда келтірілген теңдеулерді және жұмысқа қойылған шарттарды қолдана отырып, пропорционалды интегралды дифференциалдау реттегішін қолдана отырып, робот реттегішін модельдейміз. Simulink бағдарламалық ортасында пропорционалды интегралды дифференциалдаушы реттегіші бар роботтың қозғалысын басқару объектісін модельдеу үшін біз PID Controller кітапханасынан кіріктірілген реттегішті қолданамыз. Орнатылғанға дейін пропорционалды-интегралды-дифференциалды реттеуші жағдайға арналған өтпелі сипаттама жабық жүйе $\omega = 0, V = 1, V_n = 0$ келесідей:

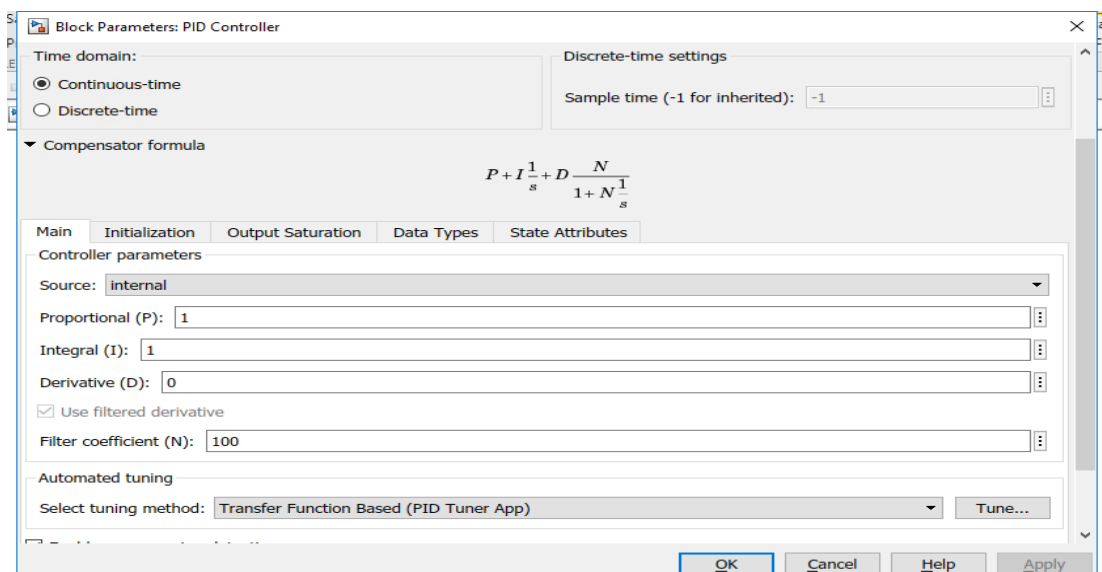


3.3.2 - сурет – Жағдайға арналған жабық жүйенің өтпелі сипаттамасы

$$\omega = 0, V = 1, V_n = 0$$

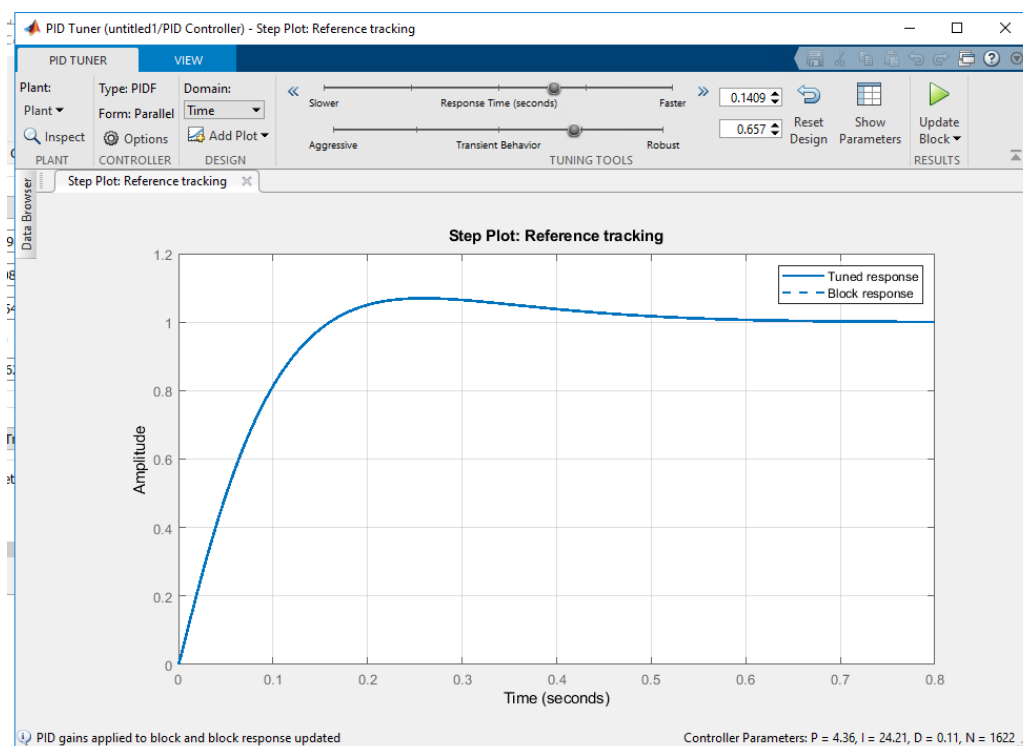
3.3.2-суреттен кірістердің стандартты параметрлері бұл жұмыс үшін жарамсыз екенін көруге болады, өйткені реттеу уақыты 2 секундтан аспауы керек. Сондықтан пропорционалды-интегралды-дифференциалды реттегіштің параметрлерін реттеу қажет.

"PID Controller" блогын екі рет басу арқылы пропорционалды-интегралды-дифференциалды басқару блогының параметрлері ашылады. Реттегіштің параметрлерін реттеу үшін "Tune" батырмасын басу керек, 3.3.4-сурет.



3.3.3 - сурет –автоматты конфигурацияны іске қосу

"Tune" батырмасын басқаннан кейін конфигурацияға дейінгі және кейінгі өтпелі диаграммалары бар терезе пайда болады. Орнату алдындағы өтпелі қисық "block response" ретінде жазылған. Конфигурациядан кейінгі өтпелі қисық "Tune dresponse" деп жазылады. " Response time " (реакция уақыты) және " Transient behavior " (өтпелі мінез-құлық) параметрін өзгерту арқылы сіз белгіленген уақытты, өсу уақытын және қайта реттеуді өзгерте аласыз. Алынған параметрлерді Simulink моделіне жіберу үшін "Apply" батырмасын басып, содан кейін "OK" батырмасын басу керек.



3.3.4 - сурет – ПИД реттегішін орнату терезесі

| Controller Parameters | | |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Tuned | Block |
| P | 4.36 | 4.36 |
| I | 24.2104 | 24.2104 |
| D | 0.10995 | 0.10995 |
| N | 1621.6956 | 1621.6956 |
| Performance and Robustness | | |
| | Tuned | Block |
| Rise time | 0.112 seconds | 0.112 seconds |
| Settling time | 0.483 seconds | 0.483 seconds |
| Overshoot | 6.97 % | 6.97 % |
| Peak | 1.07 | 1.07 |
| Gain margin | Inf dB @ Inf rad/s | Inf dB @ Inf rad/s |
| Phase margin | 74.7 deg @ 14.2 rad/s | 74.7 deg @ 14.2 rad/s |
| Closed-loop stability | Stable | Stable |

3.3.5 - сурет – ПИД реттегішін баптау параметрлері терезесі

График пен параметрлерді қолдана отырып, сапаны тікелей бағалау анықталады:

- максималды динамикалық қате 0.07;
- қайта реттеу 6.97 %;
- өтпелі процестің әлсіреу дәрежесі 1;
- статикалық қате 0;
- реттеу уақыты 0.483 с;

Бұл жұмыста беріліс коэффициенттерінің мәндері бар ПИД реттегіші қолданылады: пропорционалды күшейту коэффициенті $K_p = 4.36$, күшейтудің интегралды коэффициенті $K_i = 24.21$, дифференциалды күшейту коэффициенті $K_d = 0.11$.

ПИД реттегішінің барлық параметрлерін реттегеннен кейін жабық жүйе жағдайлары үшін өтпелі сипаттамаларды көрсету қажет:

- 1) $\omega = 0, V = 1, V_n = 0$;
- 2) $\omega = 1, V = 0, V_n = 0$;
- 3) $\omega = 0, V = 0, V_n = 1$;
- 4) $\omega = 1, V = 1, V_n = 1$;

ПИД реттегішінің параметрлері дұрыс таңдалғаны және мобильді роботтың қозғалысын басқару жүйесі дұрыс жұмыс істейтіні шығады.

3.4 Қозғалысты басқару алгоритмі

Бұл жұмыста реттелетін параметрлер ультрадыбыстық датчиктерден алынған кедергіге дейінгі қашықтық болып табылады. Роботтық платформа кеңістіктегі позициясын өз бетінше анықтау үшін жүйе автономды болуы керек.

Мобильді роботтың автономия деңгейі әртүрлі болуы мүмкін. Кейбір тапсырмаларда роботтық платформаны басқаруды оператор автоматтандырылған жұмыс орнынан (АЖО) Wi-Fi байланысы бойынша дербес компьютердің көмегімен жүргізе алады. Бұл жағдайда роботтандырылған платформа оператордың көріну аймағында болмауы мүмкін, ал ультрадыбыстық датчиктерден сигнал АЖО дисплейіне беріледі, оператор мобильді роботтың қозғалыс параметрлерін қолмен орната алады.

Бүкіл автоматтандырылған жүйені екі ішкі жүйеге бөлуге болады:

1. АЖО жұмысын және басқару объектісіне Wi-Fi байланысы бойынша басқару сигналдарын беруді ұйымдастыратын жүйе;

2. роботтық платформаның қозғалысын автоматты басқару жүйесі;

Бағдарламалық жасақтама тұрғысынан автоматты басқару жүйесі келесі элементтерге бөлінеді:

1. деректерді жинаудың ішкі жүйесі;

2. деректерді өңдеудің ішкі жүйесі;

3. объектінің кеңістіктегі ағымдағы орнын анықтаудың ішкі жүйесі;

4. қозғалтқыштарды басқарудың ішкі жүйесі;

В қосымшасының 5-суреті технологиялық Объектіні басқару алгоритмінің блок-схемасын ұсынады. Бұл блок-схемада d-бұл мобильді робот бірінші, екінші және үшінші ультрадыбыстық датчиктер үшін аспайтын кедергіге дейінгі шаманың рұқсат етілген мәні. Бұл блок-схемада автономды режимді басқару логикасы, сондай-ақ АЖО-мен жұмыс көрсетілген. Сондай-ақ, Г және Т-тәрізді дәліздер және тар дәліздер бойымен қозғалу ескеріледі. Қозғалыс логикасының мәні мынада: мобильді робот ұялы робот тығырыққа тірелгенше кедергілерді айналып өтіп, үнемі алға жылжиды.

3.5 Қолданылатын бағдарламалық жасақтаманың сипаттамасы

Біліктілік жұмысын орындау барысында LabVIEW бағдарламасы қолданылды. LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) - зертханалық виртуалды аспаптарды әзірлеу ортасы қолданбаларды жасауға болатын бағдарламалау ортасы болып табылады. Алгоритмнің барлық элементтерінің графикалық көрінісі (функционалды элементтерді деректер ағатын өткізгіштермен байланыстыру) оны С, С++ немесе Java сияқты қарапайым бағдарламалау тілдерінен ерекшелендіреді, мұнда бағдарламалар мәтін түрінде жасалады. Қуатты графикалық бағдарламалау тілі LabVIEW, G (graphical - графикалық)деп аталады, еңбек өнімділігін жүздеген есе арттыруға мүмкіндік береді. LabVIEW икемді графикалық интерфейске ие және бағдарламалауға оңай болғандықтан, ол процестерді модельдеуге, идеяларды ұсынуға, жалпы сипаттағы қосымшаларды құруға және Заманауи бағдарламалау негіздерін үйретуге өте ыңғайлы.

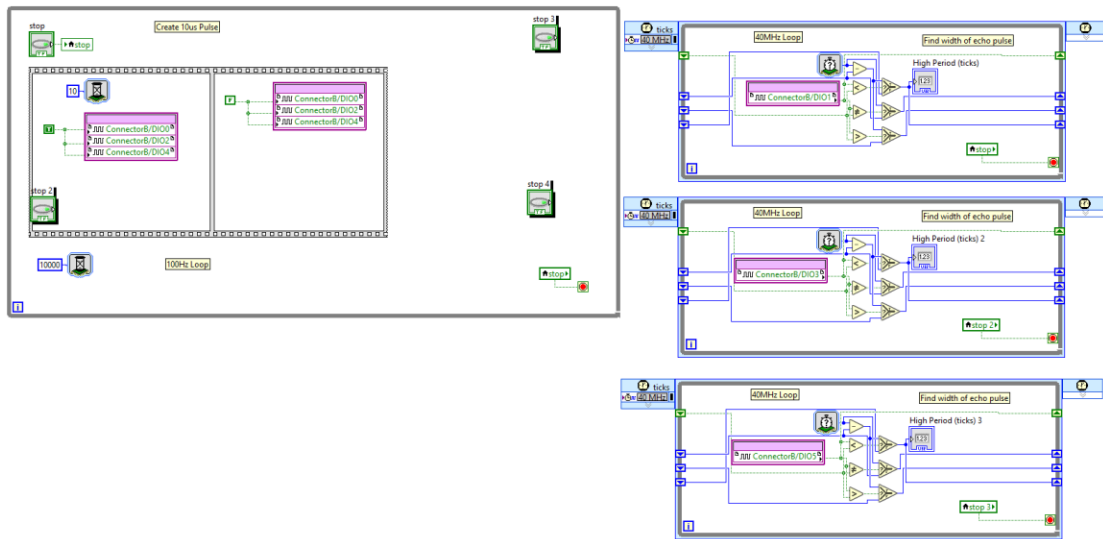
3.6 Ультрадыбыстық датчиктерге арналған бағдарламалық жасақтамасын әзірлеу

Төменгі деңгейде ультрадыбыстық датчиктің көмегімен роботтың ағымдағы жағдайы және оның бастапқы орнына қатысты орнын өзгерту туралы ақпарат жиналады. HC-SR04 диапазоны ультрадыбыстық датчик ретінде әрекет етеді.

Модульдің жұмысы эхолокация принципіне негізделген. Модуль ультрадыбыстық сигнал жібереді және оның объектіден шағылысуын қабылдайды.

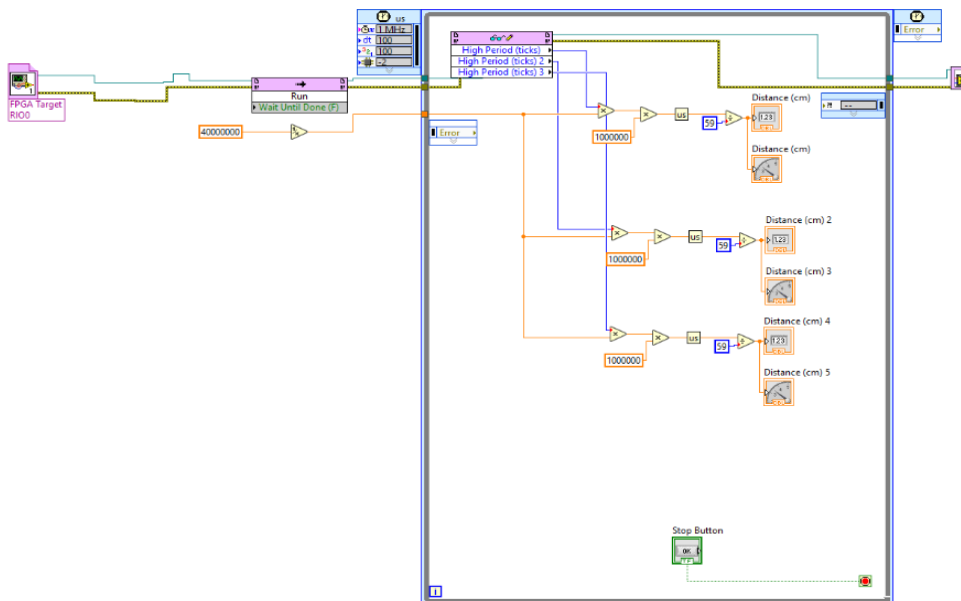
Сигнал жіберуді қашықтық өлшегішпен инициализациялау үшін Trig-ге 10 μ s жоғары сигнал беру керек. TRIG-де 10 μ s жоғары сигнал алғаннан кейін, модуль 40 кГц сегіз сигналдан тұратын сәуле шығарады және Echo-ға жоғары деңгей орнатады. Шағылысқан сигналды алғаннан кейін модуль Echo түйреуішіне төмен деңгей орнатады. Echo түйреуішіндегі жоғары сигналдың ұзақтығын біле отырып, модульге оралмас бұрын дыбыстық импульстің

жұмсаған уақытын ауадағы дыбыстың таралу жылдамдығына (340 м/с)көбейту арқылы қашықтықты есептей аламыз.



3.6.1 - сурет – қашықтық өлшегіштен сигнал алу бағдарламасы

LabVIEW бағдарламаның сол жағында Trig-ге 10 μ s жоғары сигнал беру жүзеге асырылады. Код бағдарламасының оң жағында 40 кГц сегіз сигнал шоғыры жасалады және Echo-да жоғары деңгей орнатылады. Бағдарламаның барлық осы бөлігі pulse_in қосымшасында жүзеге асырылады, ол болашақта бұрын жасалған қажетті жобада құрастырылады. Әрі қарай, HC - SR04 ультрадыбыстық сенсорынан алынған сигнал өңделіп, адамға ыңғайлы сигналға айналуы керек, ол үшін жобада Main қосымшасын жасау керек (3.6.2-сурет).

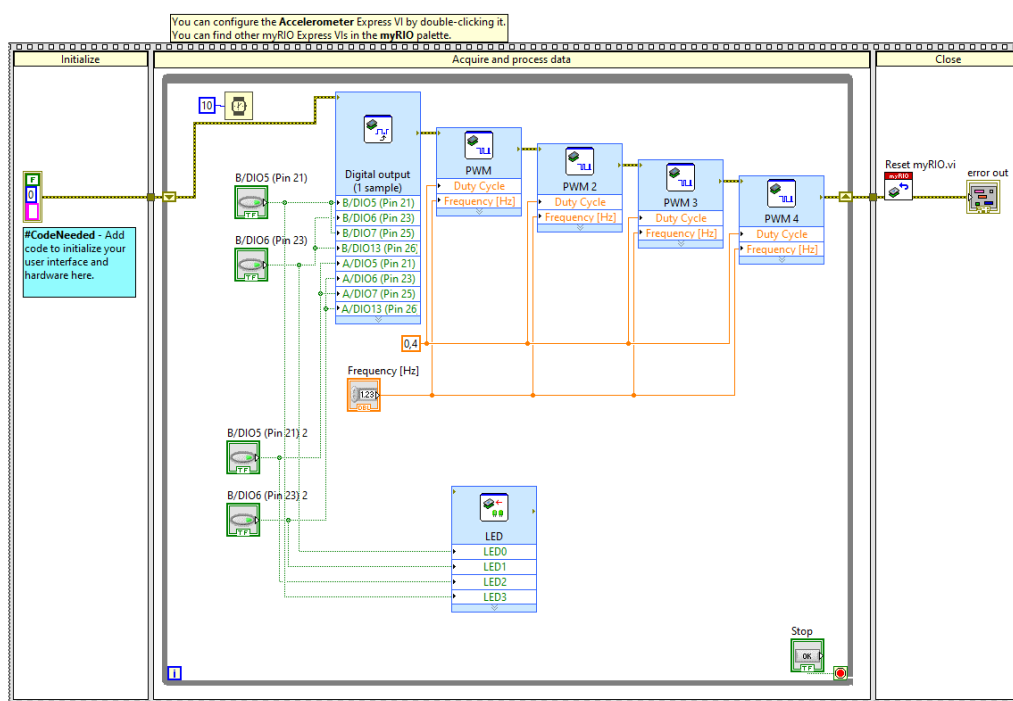


3.6.2 - сурет – қашықтық өлшегіштен сигналды түрлендіру бағдарламасы

Ультрадыбыстық сенсордың сигналы pulse_in қосымшасы құрастырылған FPGA модулінен келеді. Импульстің енін өлшеу арқылы бұл код жауап алуға уақыт беру үшін, ультрадыбыстық модульдің реакциясын өлшейді. Бұл уақыт қашықтыққа тікелей сәйкес келеді және 1 000 000-ға бөлу арқылы түрлендіріледі (түрлендіру үшін секундтарда), содан кейін 340-қа көбейту (дыбыс жылдамдығы).

3.7 Роботтық платформа үшін қолмен жұмыс істейтін бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу

Басқару жүйесі екі режимде қолмен және автоматты түрде жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Автоматты басқаруға көшу үшін алдымен бірінші myRIO микропроцессорлық контроллерінен (MP1) роботтық платформаны басқару алгоритмі берілетін қолмен жұмыс істейтін бағдарламалық жасақтаманы жасау керек. Қолмен жұмыс істейтін бағдарламалық жасақтама екінші myRIO микропроцессорлық контроллерінде (MP2) жүзеге асырылады. Бұл шешім жоғарғы және төменгі деңгейдегі контроллерді бөлуге, сондай-ақ оқу мақсаттары үшін шартталған.



3.7.1 - сурет – роботтық платформаны қолмен басқару бағдарламасы

Бұл блок-схемада MP2 myRIO қандай байланыс арналарына қосылғаны көрсетілген. Басқару импульстің енідік модуляциясы арқылы жүзеге асырылады - бұл әдіс сандық импульстар сериясы аналогтық тізбекті басқару үшін қолданылады. Бұл импульстардың ұзындығы мен жиілігі (Frequency) тізбекке берілетін жалпы қуатты анықтайды. Бұл жұмыста ИЕМ сигналының периоды 10

мс, ал оның импульстарының ұзақтығы 4 мс, бұл сигнал 40% жұмыс циклі деп аталады. Сондай-ақ, бұл қолмен басқару бағдарламасы робототехникалық құрылғыны оператор орнатқан қажетті бағытта қозғалта бастағанда жасыл болып жанатын жарықдиодты шамдармен көрсетеді.

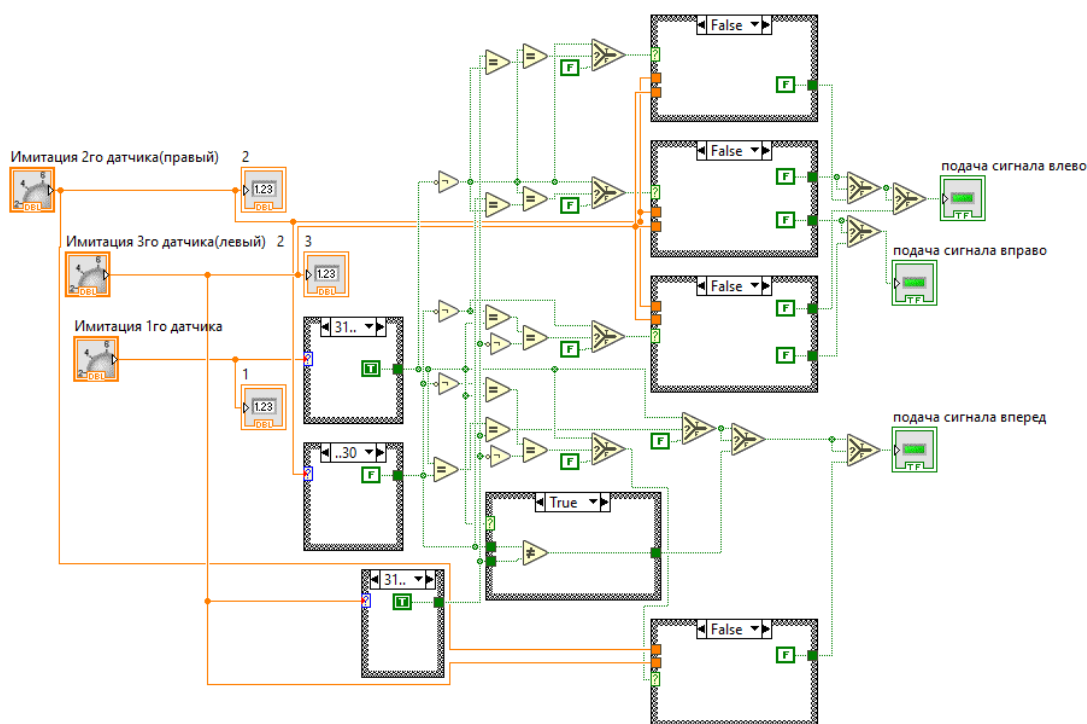
3.8 Роботтық платформа үшін автоматты режим бағдарламалық жасақтамасын әзірлеу

Бұл жұмыстың негізгі міндеті NI myRIO жабдықтары мен HC-SR04 ультрадыбыстық датчиктері негізінде автоматтандырылған жылжымалы роботтық платформаны әзірлеу болды. Тапсырманы шешкен кезде, қозғалысты қолмен басқарудан басқа, құрылғыны қашықтан басқару мүмкіндігі қарастырылуы керек. Ең бастысы- әлсіз және орташа динамикалық ортада РҚ автономды қозғалу мүмкіндігі.

Құрылғыны басқарудың қашықтығы ni myRIO контроллерінде қолданбаларды қашықтан және компьютерге қосылмай іске қосуға мүмкіндік беретін кіріктірілген Wi-Fi модулі болғандықтан жүзеге асырылады.

РҚ қозғалысын автоматты басқарудың негізгі мәселесін шешу үшін басқару алгоритмінің кодын әзірлеу кезінде case құрылымын, Numeric Functions, Comparison Functions пайдалану туралы шешім қабылданды.

Блок-схема негізінде G графикалық тілінде РҚ қозғалысын автоматты басқару алгоритмінің бағдарламасы жазылған.



3.8.1-сурет-роботты платформаны қолмен басқару бағдарламасы

Қолмен қосқыштар УД1, УД2 және УД3 сигналдарын имитациялайды. Барлық түрлендірулерден кейін Сигнал беріледі МК1 дейін барады МК2 мұнда қолмен басқаруға арналған код сақталған және құрастырылған, ол сигналдарды іске қосуға, ал өз кезегінде қозғалтқыштарға тікелей беруді жүзеге асырады. Барлық бағдарламалардың жиынтығы және олардың өзара әрекеттесуі АЖО операторының басқару интерфейсінде ұсынылған. Барлық бағдарламалардың жиынтығы және олардың өзара әрекеттесуі АЖО операторының басқару интерфейсінде ұсынылған.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыстың нәтижесі кеңістіктегі позицияны анықтау үшін ультрадыбыстық датчиктерді қолданатын роботтық платформаның имитациялық моделін құру және робот параметрлерін автоматты түрде реттеу жүйесін құрастырдық. Бұл зерттеуді нақты робототехникалық құрылғыны жасау үшін және болашақта электр станциясында диагностикалауға және анализ жасау үшін пайдалануға болады, мысалы, жылу жабдықтарында қолдануға болады.

Зерттеу жұмысын орындау барысында келесі міндеттер шешілді:

1. MATLAB бағдарламалық пакетін пайдаланып Робот қозғалысының математикалық моделі сипатталды;
2. Реттеу заңы таңдалды және реттегішті оңтайлы баптау жүргізілді;
3. LabVIEW негізінде робототехникалық объектінің имитациялық моделі салынды;
4. Автоматтандырудың техникалық құралдары таңдалды.

Автоматты реттеу жүйесінің құрылымдық схемасы, функционалдық схемасы, принциптік электр схемасы, монтаждық схемасы, техникалық құралдардың орналасу схемасы әзірленді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

[1] Мобильный робот [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://industrial.omron.ru/ru/products/mobile-robot>.

[2] Kristensen S, Horstmann S., Klandt J., Lohner F., and Stopp A. Human-friendly interaction for learning and cooperation // Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Seoul, Korea, 2001. IEEE. – P. 2590-2595. Структурные схемы измерительных устройств систем контроля и управления / Д.А. Аржаев, О.Н. Бодин, В.Г. Полосин, Д.И. Нефедьев, А.Г. Убиенных // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2016. – No 1. – С. 24– 30.

[3] Иванов, А.В. Мини- и микроробототехника: Учеб. пособие [Текст] / А.В. Иванов, Е.И. Юревич. –СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. –2011. –96 с.

[4] Космачёв, П.В. Анализ конструктивных схем движителей транспортных средств робототехнических комплексов для выполнения антитеррористических операций [Текст] / П.В. Космачёв // Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды IX Всерос. науч.-практич. конф. – СПб.: НПО Специальных материалов, 2006. –Т. 5: Экстремальная робототехника. –С. 607–615

[5] Шинов, С.Н. Использование манипулятора мобильной робототехнической системы для преодоления препятствий [Текст] / С.Н. Шинов // Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды X Всерос. науч.-практич. конф. – СПб.: НПО Специальных материалов, 2007. –Т. 5: Экстремальная робототехника. –С. 194–201

[6] Персиянов В.А., Шапошникова Д.Т. Приводы мобильных роботов / В.А. Персиянов, Д.Т. Шапошникова // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: сб. ст. по мат. LXV междунар. студ. науч.-практ. конф. – 2019. – No 6 (64)

[7] Иванов А.А. Основы робототехники: учебное пособие / А.А. Иванов. – М.: ФОРУМ, 2012. – 224 с

[8] Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: учебное пособие / И.А. Данилов, П.М. Иванов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1989. – 752 с.

[9] Гульков Г.И., Пеиренко Ю.Н., Раткевич Е.П., Симоненкова О.Л. Системы автоматизированного управления электроприводами: учебное пособие / Г.И. Гульков, Ю.Н. Петренко, Е.П. Раткевич, О.Л. Симоненкова. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск: Новое знание, 2007. – 394 с

[10] Солопченко Г.Н. Измерительные информационные системы. СПб.: изд. Политехнического университета, 2010.

[11] Юревич Е. И. Сенсорные системы в робототехнике: учеб. пособие / Е. И. Юревич. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. — 100 с.

[12] Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем. М.: изд. МГТУ им Н.Э. Баумана, 2005